



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Crianza de vinos de Tempranillo en depósito con duelas de roble como alternativa al envejecimiento en barrica

Autor/es

ANDREA EGUIZÁBAL ESPINOSA

Director/es

Zenaida Guadalupe Mínguez y M^a BELEN AYESTARÁN ITURBE ,

Facultad

Facultad de Ciencia y Tecnología

Titulación

Grado en Enología

Departamento

AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

Curso académico

2016-17



Crianza de vinos de Tempranillo en depósito con duelas de roble como alternativa al envejecimiento en barrica, de ANDREA EGUIZÁBAL ESPINOSA (publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

Facultad de Ciencia y Tecnología

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Enología

CRIANZA DE VINOS DE TEMPRANILLO EN DEPÓSITO CON DUELAS DE ROBLE COMO ALTERNATIVA AL ENVEJECIMIENTO EN BARRICA

Alumno:

Andrea Eguizábal Espinosa

Tutores:

Zenaida Guadalupe Mínguez

Belén Ayestarán Iturbe

Logroño, julio, 2017

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría dar las gracias a todas aquellas personas que de alguna manera me han ayudado y apoyado durante este trabajo.

En primer lugar me gustaría nombrar a Tonelería Murua y Bodega cooperativa de San Vicente, quienes me han ofrecido la oportunidad de participar en este estudio y aportar todo lo necesario para realizar este proyecto.

A los profesores de Prácticas Integradas de Enología y de Ampliación de Análisis Sensorial de las asignaturas del Grado de Enología de la Universidad de La Rioja, así como a los alumnos y compañeros que participaron de una forma u otra en el trabajo catando los vinos, sin su colaboración no habría sido posible realizar gran parte de este trabajo.

Por último me gustaría nombrar a mi familia y amigos, sin su apoyo en los momentos bajos habría sido imposible seguir adelante y a mi directora de proyecto Zenaida Guadalupe por su comprensión y ayuda, por confiar en mí desde el primer momento y ofrecerme todas las facilidades para conseguirlo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE	3
Índice de figuras y tablas.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. CARACTERÍSTICAS DE UN VINO TINTO MICROOXIGENADO.....	7
1.2. INFLUENCIA DEL ENVEJECIMIENTO EN BARRICA EN LOS VINOS TINTOS	8
1.3. EMPLEO DE ALTERNATIVOS A LA BARRICA DE ROBLE.....	12
1.4. EMPLEO DE DUELAS Y SU INFLUENCIA EN EL VINO TINTO.....	14
OBJETIVO.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.1. VINIFICACIÓN Y TOMA DE MUESTRAS	17
2.1.1. Vinificación	17
2.1.2. Toma de muestras y nomenclatura.....	20
2.2. ANÁLISIS QUÍMICOS	20
2.2.1. Parámetros enológicos generales.....	20
2.2.2. Parámetros de color e IPTs.....	20
2.2.3. Polifenoles monómeros y proantocianidinas.....	21
2.3. ANÁLISIS SENSORIAL.....	22
2.3.1. Cata descriptiva.....	22
2.3.2. Cata triangular	24
2.4. ESTADÍSTICA.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
1. PARÁMETROS ENOLÓGICOS GENERALES	27
2. PARÁMETROS DE COLOR E IPTs.....	27
3. COMPUESTOS FENÓLICOS MONÓMEROS	29
4. PROANTOCIANIDINAS O TANINOS	32
5. ANÁLISIS SENSORIAL.....	33
5.1. CATA DESCRIPTIVA.....	33
5.2. CATA HEDÓNICA	35
5.3. CATA TRIANGULAR.....	36
CONCLUSIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38

Índice de figuras y tablas

Figura 1. Fenómenos del envejecimiento de un vino en bodega.....	8
Figura 2. Espectro de absorción visible en vinos tintos (Zamora, 2003).....	11
Figura 3. Principales tipos de alternativas a la madera de roble y sus tamaños.....	14
Figura 4. Obtención de las duelas por las técnicas de hendido y aserrado	15
Figura 5. Duela Roble Francés utilizada en el ensayo	18
Figura 6. Duela Roble Americano utilizada en el ensayo	18
Figura 7. Vinificación y ensayos realizados.....	19
Figura 8. Ficha de cata utilizada	23
Figura 9. Niveles de significación de la prueba triangular	25
Figura 10. Sumatorio de puntuaciones obtenidas en la cata hedónica.....	36
Tabla 1. Parámetros enológicos generales vino base	27
Tabla 2. Parámetros de color e IPTs final de tratamiento.....	28
Tabla 3. Concentración de antocianos (mg/l) al final del tratamiento	30
Tabla 4. Concentración de flavonoles (mg/l) al final del tratamiento.....	31
Tabla 5. Concentración de ácidos hidroxicinámicos (mg/l) al final del tratamiento	31
Tabla 6. Concentración de taninos totales y grado medio de polimerización (mg/l) al final del tratamiento	33

RESUMEN

El envejecimiento de los vinos tintos en barrica de roble es una práctica habitual en la obtención de vinos de calidad. Sin embargo, requiere largos periodos de tiempo para que se produzca un correcto envejecimiento y además supone para la bodega una importante inversión económica. Por ello, en los últimos años ha surgido el empleo de los llamados alternativos, que se utilizan como sustitutos de la madera. Son técnicas más sencillas, más baratas y que requieren periodos de tiempo menores.

Por consiguiente, en este trabajo se evaluó la crianza de vinos tintos en depósito con duelas de roble francés y americano como alternativa al envejecimiento de los vinos en barrica. Para este estudio se analizaron las diferencias obtenidas en los vinos elaborados en relación a sus propiedades organolépticas, parámetros de color, IPTs y contenido de polifenoles monómeros y poliméricos de un vino tempranillo microoxigenado que se introdujo, por un lado, en depósitos con duelas de roble francés y americano, y por otro, en barrica.

Los vinos criados en depósitos con duelas mostraron valores significativamente mayores de índice de color que el vino testigo o el vino criado en barrica; estas diferencias fueron muy sutiles ya que analizando sensorialmente los vinos, las diferencias no fueron apreciadas por los catadores.

El vino criado con duelas de roble americano y el envejecido en barrica presentaron valores muy similares en el contenido de polifenoles totales (IPTs), de antocianos monómeros, de flavonoles y ácidos. Sin embargo, el vino envejecido con duelas de roble francés presentó valores significativamente más bajos de antocianos monómeros, de flavonoles y ácidos, es decir, la utilización de duelas de roble francés afectó más a la composición de antocianos monómeros, de flavonoles y ácidos. Los vinos elaborados con duelas presentaron los valores más altos en el contenido de taninos totales.

En la cata descriptiva, tanto en la fase aromática como en la gustativa, los vinos del tratamiento con duelas de roble americano y el vino envejecido en barrica fueron percibidos por los catadores como muy similares. En la cata hedónica el vino preferido por los catadores fue el envejecido en barrica. Por el contrario, el peor valorado fue el vino del tratamiento con duelas de roble francés, por destacar en boca por su amargor tanicidad y madera. La cata triangular diferenció claramente entre los vinos con los dos tipos de duelas.

ABSTRACT

The aging of red wines in oak barrels is a common practice in the production of quality wines. However, it requires long periods of time to produce a correct aging and it also means a significant economic investment for the winery. Therefore, in recent years has emerged the use of so-called alternative, which are used as substitutes for wood. They are simpler, cheaper and require shorter periods of time.

Therefore, this work evaluated the rearing of red wines in storage with French and American oak staves as an alternative to the aging of wines in barrels. For this study we analyzed the differences obtained in the wines elaborated in relation to their organoleptic properties, color parameters, IPTs and content of polyphenolic and polymeric monomers of a micro-oxygenated tempranillo wine that was introduced, on the one hand, in deposits with French and American oak staves and, on the other hand, in barrels.

The wines raised in troughs with staves showed significantly higher values of color index than wine control or wine raised in barrel; these differences were very subtle because by analyzing sensory wines, the differences were not appreciated by the tasters.

The wines created with American oak staves and aged in barrel had very similar values in the content of total polyphenols (IPTs), monocyclic anthocyanins, flavonols and acids. However, wine aged with French oak staves had significantly lower values of monomeric anthocyanins, flavonols and acids, that is to say the use of French oak staves more affected the composition of monomeric anthocyanins, flavonols and acids. The wines made with staves showed the highest values in the total tannin content.

In the sensory analysis, both in the aromatic and in the gustatory phase, the wines of the treatment with staves of American oak and the wine aged in barrel were perceived by the tasters as very similar. The preferred wine was by the tasters was the aged in barrel. On the contrary, the worst value was the wine of the treatment with staves of French oak, to emphasize in mouth by its bitterness tannin and wood. The triangular tasting clearly differentiated between wines with the two types of staves.

Palabras Clave

Crianza alternativa, duelas de roble francés, duelas de roble americano, vino tempranillo,

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de Fin de Grado se evalúa la crianza de vinos tintos en depósito con duelas de roble francés y americano como alternativa al envejecimiento de los vinos en barrica. Para ello se utilizó vino tempranillo, que se microoxigenó y se introdujo, por un lado, en depósitos con duelas de roble francés y americano, y por otro, en barrica.

En este estudio se analizaron las diferencias obtenidas en los vinos elaborados en relación a sus propiedades organolépticas, parámetros de color, IPTs y contenido de polifenoles monómeros y poliméricos.

1.1. CARACTERÍSTICAS DE UN VINO TINTO MICROOXIGENADO

La microoxigenación se define como el continuo aporte de pequeñas y controladas cantidades de oxígeno al vino. Es una herramienta de gran alcance para los productores que quieren producir vinos de color estable, ya que esta técnica, intenta imitar los efectos que se producen en la barrica al dejar pasar pequeñas cantidades de oxígeno a través de los poros de la madera.

La microoxigenación se realiza con un aparato dosificador de oxígeno, que recibe el suministro de este gas a presión de una bala, pudiéndose regularse su aporte en todo momento. Esto debe de ser controlado con un medidor asegurando el total consumo de oxígeno aportado y evitando la oxidación del vino (Hidalgo Togores, 2003).

La microoxigenación tiene diversas aplicaciones en el vino tinto:

- Activación de la fermentación alcohólica por multiplicación de las levaduras.
- Crianza sobre lías de vinos tintos situados en depósitos, buscando un efecto parecido a la fermentación en barrica, donde el oxígeno compensa el poder reductor de las lías, y permite la autólisis de las levaduras sin la aparición de olores azufrados desagradables.
- Condensación entre antocianos y taninos antes de la fermentación maloláctica, buscando la estabilización de color del vino tinto, así como la mejora notable del mismo en la boca.
- Crianza de vinos tintos en depósito, simulando el envejecimiento en barrica.

Además, esta técnica produce efectos a nivel sensorial:

- Previene el gusto a reducido, ya que durante la fermentación puede ayudar a limitar el impacto de los compuestos azufrados, asegurando la salud de las levaduras y subiendo el potencial redox del vino.
- Disminuye los aromas herbáceos.
- Mantiene el carácter afrutado.
- Reduce la astringencia.
- Mejora y garantiza la estructura y complejidad (Martínez y col., 2006).

1.2. INFLUENCIA DEL ENVEJECIMIENTO EN BARRICA EN LOS VINOS TINTOS

La barrica de madera de roble se puede definir como un instrumento capaz de hacer evolucionar un vino en sentido positivo, debido a la acción de un conjunto de fenómenos que se describen posteriormente.

La madera de roble es el material utilizado por excelencia, aunque también se están empezado a utilizar otras maderas como el haya, cerezo, castaño, etc. Esta madera es la preferida por su adecuada porosidad, que permite un adecuado intercambio gaseoso del vino con el exterior y es impermeable a líquidos; por su maleabilidad, que hace que sea fácil de trabajar, por su resistencia, y por su notable aporte de aroma y taninos a los vinos (Masson y col., 1996).

De todas las especies de roble que hay, las más aptas y útiles para un mejor resultado de envejecimiento de nuestros vinos son el roble europeo (2-3 especies) y el roble americano (varias especies). Cada especie tiene unas características propias que las hace diferentes, aportando al vino cualidades distintas en su envejecimiento (Hidalgo Togores, 2003).

La duración del proceso de crianza, el origen de la madera, el tipo de tostado y de secado, el volumen de la barrica, etc., son factores que se irán adaptando a las características intrínsecas y a la personalidad de cada vino para que la madera no enmascare las características propias de este vino y así poder obtener vinos de mejor calidad (Del Álamo Sanza, 2006).

Durante la crianza de los vinos en barrica se producen una serie de fenómenos de carácter físico, químico o biológico, que logran, por un lado, una estabilización natural de los mismos, permitiendo hasta su consumo una vida más larga, y por otro lado, una serie de cambios y mejoras en sus características sensoriales. Estos procesos se producen de forma simultánea, influyendo unos sobre otros (Figura 1).

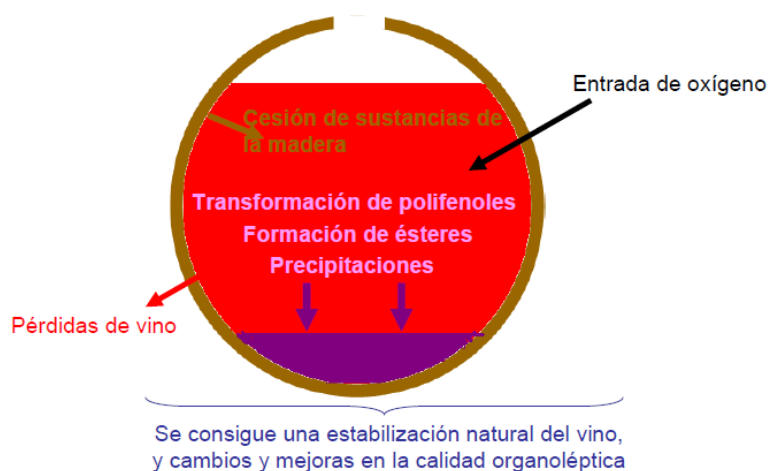


Figura 1. Fenómenos del envejecimiento de un vino en barrica

Los procesos que ocurren durante el envejecimiento del vino en bodega pueden resumirse en:

- Entrada de aire u oxígeno a través de la madera o de los trasiegos

Se produce una lenta oxidación, que bajo determinadas condiciones, puede considerarse beneficiosa, produciéndose en los vinos transformaciones fisicoquímicas que afectan a los polifenoles y a los fenómenos de polimerización entre antocianos y taninos, aportándoles estabilidad y una mejora en sus características sensoriales.

La entrada de oxígeno varía según factores como el tipo de madera utilizada (grano y porosidad), el espesor y el número de duelas, la edad y tamaño de la bodega, las condiciones ambientales, el nivel de llenado y el tipo de cierre.

- Pérdida de vino a través de la madera o de los trasiegos

Las mermas de vino que se producen durante la crianza se pueden explicar por dos fenómenos; el primero debido a los sucesivos trasiegos (se pierde el vino contenido en las lías), y el segundo debido a las evaporaciones del vino a través de sus paredes. Las mermas aumentan cuando la bodega es nueva. Los factores que inciden en la cantidad de mermas son los mismos que los citados anteriormente en la entrada de aire durante la crianza.

- Precipitación de diversas sustancias del vino en la bodega

Durante la crianza en bodega se produce una precipitación e insolubilización de diversas sustancias que contiene el vino, cuyo volumen y naturaleza depende del estado del vino antes de someterse a crianza. Hay diferentes tipos de precipitaciones, desde tejidos vegetales procedentes de la vendimia, levaduras y bacterias, hasta precipitaciones debido a la insolubilización de sustancias como proteínas, polisacáridos, etc. Las precipitaciones más abundantes son de sales de ácido tartárico, taninos, materia colorante, etc. El volumen de estas lías es inferior a 0,5% en vinos limpios y varía de 1 a 2% en vinos en rama. La presencia de estos sedimentos puede tener un efecto negativo en la calidad del vino (cuando contienen muchos microorganismos) o un efecto positivo (aumentan los polisacáridos por autólisis). La eliminación de los sedimentos se realiza periódicamente en la operación llamada trasiego (se realizan al menos 1 o 2 trasiegos por año).

- Formación de ésteres en los vinos

Los ésteres son unos compuestos que se forman por la combinación de los ácidos orgánicos y los alcoholes. En contra de lo que antiguamente se conocía sobre estas sustancias en la crianza de los vinos, la mayor parte de los ésteres no participan en los caracteres sensoriales de los mismos, e incluso los que contienen una mayor cantidad son a veces los vinos más comunes y defectuosos. La formación de ésteres por microorganismos puede ser producida por levaduras, bacterias lácticas o bacterias acéticas.

– Transformación del aroma y gusto de los vinos

Se produce una modificación del aroma de los vinos, evolucionando hacia unos aromas más complejos y especiados. Estos aromas se completan con los extraídos de la madera, dependiendo del tipo de roble del que está fabricada la barrica. También se produce una mejora del gusto, aumentando las sensaciones de volumen, redondez y complejidad, y reduciéndose el amargor y la astringencia. Estos fenómenos dependen de la composición de cada vino y de las condiciones de la crianza.

– Transformación de los polifenoles y del color

La crianza de los vinos se caracteriza por la evolución de los compuestos fenólicos que contienen, afectando en primer lugar a una modificación del color, acompañado de una progresiva decoloración.

En el vino encontramos los siguientes polifenoles

- Flavonoides

Sustancias de color amarillo. Los más abundantes son los flavonoles y se localizan en los hollejos de las variedades tintas y blancas.

- Antocianos

Se trata de los pigmentos tintos de la uva, se localizan en el hollejo y en la pulpa de variedades tintoreras.

- Taninos

Se trata de sustancias que se agrupan según su procedencia en dos grupos:

- Taninos condensados procedentes de la uva. Concretamente se localizan en el hollejo y en las pepitas.
- Taninos hidrolizables procedentes de la madera de roble.

La evolución de los compuestos fenólicos durante la crianza de los vinos tiene como consecuencia la armonización de sus caracteres sensoriales. Las modificaciones de color, aromáticas y gustativas producen en el vino una sensación de complejidad, suavidad en boca. Se pierde el amargor y astringencia, además de provocar un incremento de las sensaciones de volumen o cuerpo.

La velocidad de estas transformaciones varía según el tipo de vino, y depende de las condiciones de crianza tanto externas como internas, y de su estructura polifenólica.

La transformación del color durante la crianza de los vinos se puede visualizar en la Figura 2.



Figura 2. Espectro de absorción visible en vinos tintos (Zamora, 2003)

Se observa que los vinos más jóvenes poseen tonos rojos intensos con matices violáceos, ya que alcanza el máximo de su curva en 520nm. A medida que evoluciona la crianza se modifica su color hacia tonos rojos tejas, entorno a valores de 420 nm correspondiente a tonos amarillos.

La transformación del color es consecuencia de las modificaciones de los polifenoles. Se pueden encontrar tres situaciones en los vinos destinados a la crianza:

- [Antocianos] >> [Taninos]

Se trata de vinos poco aptos para envejecer, ya que se va a producir una pérdida rápida de color durante la crianza.

- [Antocianos] = [Taninos]

Situación ideal pero difícil de conseguir. En esta situación se produce la estabilización del color rojo.

- [Antocianos] << [Taninos]

Situación deseable cuando no es posible que se produzca la anterior. Todos los antocianos pueden ser polimerizados con taninos. En estas situaciones se produce un aumento de color amarillo.

– Cesión de otras sustancias de madera al vino

- Aldehídos furánicos (furfural, 5-metil-furfural, 5-hidroximetil-furfural)

Aparecen al calentar la madera considerándose un índice del tostado de la madera. Presentan aromas a almendra, caramelo, etc.

- Aldehídos fenólicos

Se identifican 4 compuestos: cainillina, siringaldehído, coniferaldehído y sinapaldehído, variando su contenido en función de la especie de roble. Estos compuestos aumentan con el tostado de la madera.

- Fenoles volátiles (guayacol, eugenol, siringol, etc.)

Aumentan con el tostado de la madera, corresponden a aromas como humo, especias, farmacia, etc. Su contenido varía en función de la especie de roble.

- Lactonas

En la madera de roble la lactona que destaca es la whisky-lactona, que presenta un aroma a coco y madera. Su contenido varía en función de la especie de roble.

- Ácidos fenólicos (ácido gálico, elágico, vainillico, etc.)

Su contenido varía en función de la especie de roble y las operaciones tecnológicas de tonelería. Los ácidos gálico y elágico participan en las percepciones gustativas (acidez, astringencia, amargor, etc.), y en la estabilización polifenólica de los vinos.

1.3. EMPLEO DE ALTERNATIVOS A LA BARRICA DE ROBLE

El envejecimiento de los vinos tintos en barrica de roble es una práctica habitual en la obtención de vinos de calidad, ya que aporta al vino las características que se describen en el apartado anterior. Sin embargo, la crianza de los vinos en barrica requiere largos periodos de tiempo para que se produzca un correcto envejecimiento y además supone para la bodega una importante inversión económica.

Por ello, ha surgido el empleo de los llamados alternativos, que se utilizan como sustitutos de la madera (virutas, polvo, astillas o duelas de madera de roble). Estas técnicas son más sencillas y por supuesto más baratas. Estas alternativas normalmente van dirigidas a vinos de menor calidad, y si no se regula convenientemente su uso pueden llegar a constituir un fraude cuando se ofrecen como vinos de barrica.

Los nuevos países productores del vino como Australia, Argentina, Chile, Sudáfrica o USA utilizan estas técnicas desde hace unos años. Estos países elaboran vinos con diferentes técnicas basadas en añadir alternativos, unos para introducirlos en el depósito y otros para aprovechar las barricas usadas (Del Álamo Sanza, 2006). Uno de los factores de la utilización de estas técnicas por estos países es la falta de disponibilidad de maderas adecuadas para la fabricación de barricas, y otro es el factor económico. Por cuestiones de competitividad, estos vinos deben de competir con sus homólogos producidos en regiones de reconocido prestigio por su tradición elaboradora, y una forma de competir con ellos es colocar vinos con precios mucho más asequibles, reduciendo los costes en elaboración y en envejecimiento (Muñoz, 2006).

Las prácticas alternativas a la barrica son admitidas por la Organización Internacional de la Vid y el Vino (OIV), y han sido incluidas recientemente en la lista de prácticas enológicas. La Comisión Europea admitió el 28 de diciembre de 2005 la utilización de

virutas de roble en la elaboración del vino. Sin embargo, es necesario que cada país o cada consejo regulador establezcan las normas de utilización y presentación. En la Denominación de Origen Calificada Rioja está prohibida la utilización de estos alternativos.

En todos los casos, los alternativos pretenden conseguir en el vino una mejora en su estructura que asegure la estabilidad del color, además de conseguir el efecto de sabor a madera.

En todos los casos también hay factores que determinan las características del producto final: el origen de la madera de roble, el proceso de secado y tostado, la dosis que se añada al vino, el tiempo de contacto, el tamaño de los trozos de madera y la posible combinación de estas técnicas con la microoxigenación. (Del Álamo Sanza, 2006).

La figura 3 muestra los principales tipos de alternativas a la madera de roble y sus tamaños.

- Polvo fino de 1x1x0.5 mm



- Fragmentos de roble de 2.5x5x2mm



- Virutas de roble 7.5x5x2.5mm



- Segmentos, cubos de roble de 50 ó 100 x 7 mm



- Duelas de roble de 960 ó 1800 x 7 ó 15



Figura 3. Principales tipos de alternativas a la madera de roble y sus tamaños

1.4. EMPLEO DE DUELAS Y SU INFLUENCIA EN EL VINO TINTO

Una duela se puede definir como cada una de las tablas de madera por las cuales está formada el contorno de una bodega.

Del mismo modo que las bodegas, la madera que generalmente se utiliza para la fabricación de duelas es el roble y sus diferentes especies.

Las dos especies mayoritarias de roble en Europa son *Quercus petraea* y *Quercus robur*. En América, aunque existen varias especies, la especie mayoritaria es el *Quercus alba*. Si comparamos el roble francés (europeo) y el americano, hay que destacar que el roble francés tiene menor resistencia, menor porosidad y los taninos mayoritarios son los elágicos. Sin embargo, el roble americano tiene mayor resistencia, porosidad y los taninos mayoritarios son los gálicos (Chatonnet, 2007).

El proceso de fabricación para la obtención de duelas pasa por las siguientes fases:

- La obtención de las duelas

Los troncos son cortados en trozos algo mayores que las futuras duelas. La técnica de obtención de las duelas es la característica más importante para diferenciar los dos tipos de robles.

En el caso del roble europeo, el despiece de la madera se realiza mediante hendido (Figura 4) para asegurar la hermeticidad de la madera, situando los radios medulares paralelos al sentido de circulación vino-aire. Para esto, con ayuda de una cuña se divide el zoquete en ocho cuarterones, partiéndose el roble por el radio medular de donde se obtendrán de cada cuarterón 2 o 3 duelas. En el mejor de los casos se aprovecha la cuarta parte del volumen de la madera para la fabricación de duelas.

En el caso de roble americano, el corte se realiza por aserrado (Figura 4), aprovechando mejor el tronco cortado y obteniendo un mayor número de duelas brutas.

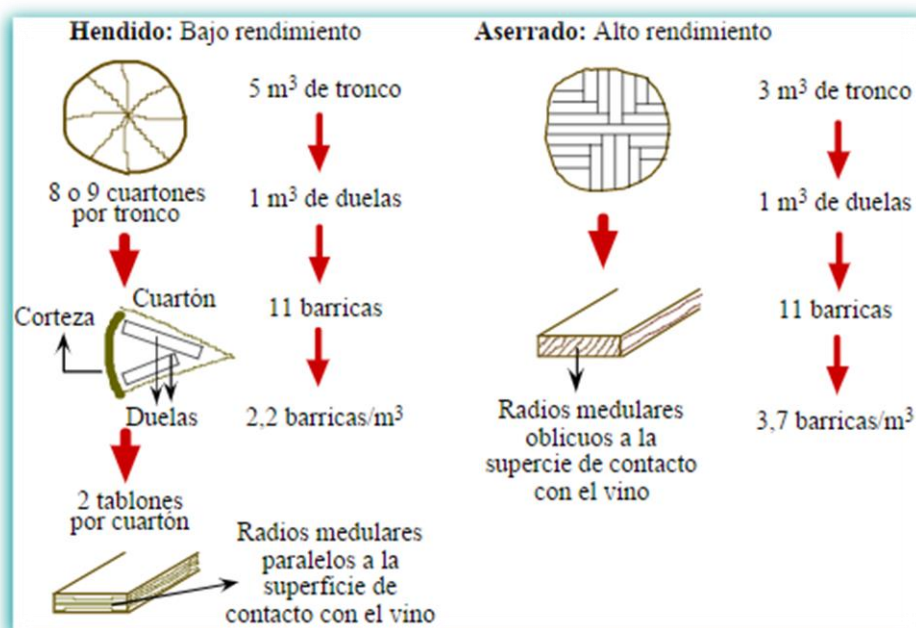


Figura 4. Obtención de las duelas por las técnicas de hendido y aserrado

La consecuencia de estas dos técnicas es el precio final, siendo más caras las duelas de roble francés ya que se aprovecha mucho más un tronco de roble americano que uno de roble francés (Hidalgo Togores, 2003).

– El secado de la madera

Se trata de una simple deshidratación. Es una fase de afinación de la madera, pasando de una madera verde y agresiva a una madera seca y aromática con elementos solubles más agradables. Es un proceso largo que se beneficia de factores como el viento, la lluvia, el sol y también los microorganismos. El proceso dura 2 o 3 años (Chatonnet, 2007).

– El tostado

Esta técnica produce una intensa modificación de las duelas. En general, a mayor intensidad de tostado disminuyen los taninos cedidos al vino (elagitaninos) y de las octalactonas responsables del aroma de nuez, de coco o de madera de roble. A mayor intensidad de tostado aumentan también (hasta nivel de tostado medio) los aldehídos fenólicos (vainilla) y los aldehídos furánicos (almendra, tostados), que luego caen en maderas de tostados fuertes o más fuertes. También aumentan los fenoles volátiles (especies, ahumados, animales) hasta el nivel de tostado fuerte, pero caen luego en maderas de tostado muy fuerte (Chatonnet, 1995).

Para el tostado de duelas se utiliza un tambor de torrefacción rotativo adaptado a la geometría de la madera. Al inicio las duelas son colocadas sobre un soporte que

permite la libre circulación del aire caliente alrededor de los trozos, minimizando al máximo las diferencias de temperatura dentro del horno. La calidad y la homogeneidad de la circulación del aire dentro del horno son los elementos clave de la reproductividad del tostado y de la calidad. Dentro de este, el tostado tiene lugar en una atmósfera empobrecida en oxígeno para evitar la formación de llamas. Al final de este proceso las duelas son enfriadas mediante aspiración de los humos antes de ser descargadas.

La técnica más utilizada para el tostado industrial de los productos alternativos se basa por tanto en un intercambio térmico por convección y posteriormente por conducción. Aunque por analogía con el método tradicional se habla de tostado ligero, medio y fuerte, la degradación térmica obtenida en el caso de las duelas es relativamente diferente.

El tostado por convección tiende a favorecer la producción de aldehídos fenólicos frente a aldehídos furánicos. El tostado industrial raramente permite la producción simultánea de estos compuestos en concentraciones similares a las obtenidas con un tostado medio en una tonelería tradicional. No obstante, con una buena puesta a punto del programa de tostado es posible obtener perfiles bastante parecidos (Chatonnet, 2007).

La fase de tostado es muy importante, ya que es la intensidad de este supone la diferencia más significativa para la diferenciación de los tipos de duelas.

Se pueden usar **duelas sin tostar**. Estas duelas aportan al vino mayormente taninos y lactonas, con sensaciones de astringencia y sabores a madera fresca, coco y gustos lácticos, y hongos que aparecieron en el momento de tostado de la madera al aire. Con **el tostado medio** aparece la vainilla, los sabores de almendra y pan tostado con sensaciones dulces en boca. En la madera **fuertemente tostada** aparecen aromas de humo, hollín alquitrán con sensaciones de acritud (Catania y Avagnina, 2007).

Al igual que la crianza en barrica, la adicción de duelas de roble tiene importancia sobre la composición de los vinos.

Las duelas tienen una doble función. Por un lado, una función estructural que favorece las reacciones y combinaciones de taninos y antocianos, y que va a asegurar la estabilidad del color de los vinos y a prevenir la precipitación de antocianos. Por otro lado, el aporte de sabor a madera, que dependerá de factores como la especie de roble y la intensidad del tostado (Davaux y Favarel, 2011).

Siempre es interesante combinar la adicción de duelas con la microoxigenación para favorecer la unión de taninos y antocianos con el fin de contribuir a la estabilización del color.

OBJETIVO

En este trabajo de Fin de Grado se evalúa la crianza de vinos tintos en depósito con duelas de roble francés y americano como alternativa al envejecimiento de los vinos en barrica.

Para ello se utilizó vino tempranillo, que se microoxigenó y se introdujo, por un lado, en dos depósitos, uno con duelas de roble francés y otro con duelas de roble americano, y por otro, en una barrica nueva de roble americano.

En este estudio se analizaron las diferencias obtenidas en los vinos elaborados en relación a sus propiedades organolépticas, parámetros de color, IPTs y contenido de polifenoles monómeros y poliméricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. VINIFICACIÓN Y TOMA DE MUESTRAS

2.1.1. Vinificación

La vinificación del vino base utilizado para realizar todos los ensayos de este trabajo se elaboró en la Bodega Sonsierra S. Coop, a partir de uvas de la variedad Tempranillo.

Las uvas procedían de un viñedo viejo de más de 40 años localizado en la zona de San Vicente de la Sonsierra. La vendimia se realizó el 9 de octubre con un estado óptimo de maduración. La uva se trasladó a la bodega donde se estrujó y se despalilló para posteriormente adicionarle 6 g/hl de SO₂ y 1,5 g/l de ácido tartárico. Se inoculó con la levadura Uvaferm HPS (Lallemand). La fermentación alcohólica duró 9 días y se desarrolló a una temperatura media de 24°C.

Tras el descube, se mezclaron el vino yema y el prensa, y se microoxigenó con una dosis de 20 ml/l (dosis inicial de 15 ml/l/mes y final de 5 ml/l/mes) hasta el inicio de la fermentación maloláctica.

Después de este periodo el vino realizó una segunda fermentación, la fermentación maloláctica, que duró 13 días. Una vez finalizada esta fermentación se adicionó una dosis de 3g/hl de SO₂ y se trasegó.

Terminado el proceso de vinificación, 500 litros de este vino fueron trasladados de la bodega Sonsierra a la bodega experimental de la Universidad de La Rioja, donde el vino se distribuyó de la siguiente manera:

- En una barrica nueva de roble americano de tostado medio. A este vino se le denominó Vino de Barrica (VB).
- En un depósito de 75 litros que sirvió como testigo. A este vino se le denominó

Vino Testigo (VT).

- En un depósito de 100 litros al que se añadieron 8 duelas de roble francés tostado medio con una superficie total de madera expuesta al vino de 1161 cm² (Figura 5). A este vino se le denominó Vino con Duelas de roble Francés (VdF).

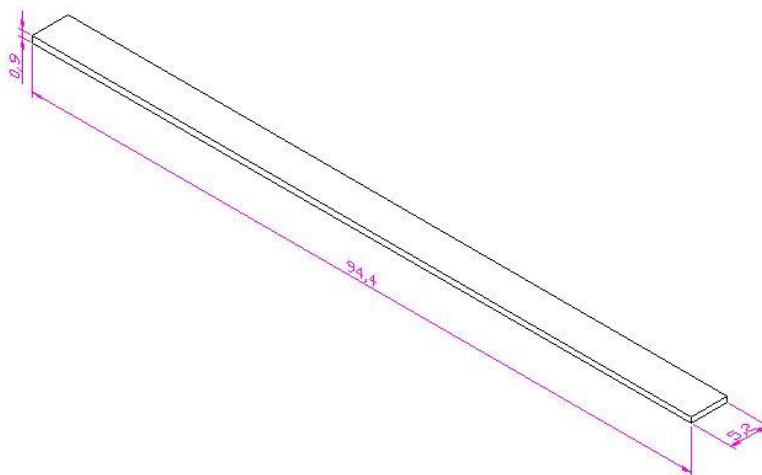


Figura 5. Duela Roble Francés utilizada en el ensayo

- En un depósito de 100 litros al que se añadieron 9 duelas de roble americano tostado medio con una superficie total de madera expuesta al vino de 1005 cm² (Figura 6). A este vino se le denominó Vino con Duelas de roble Americano (VdA).

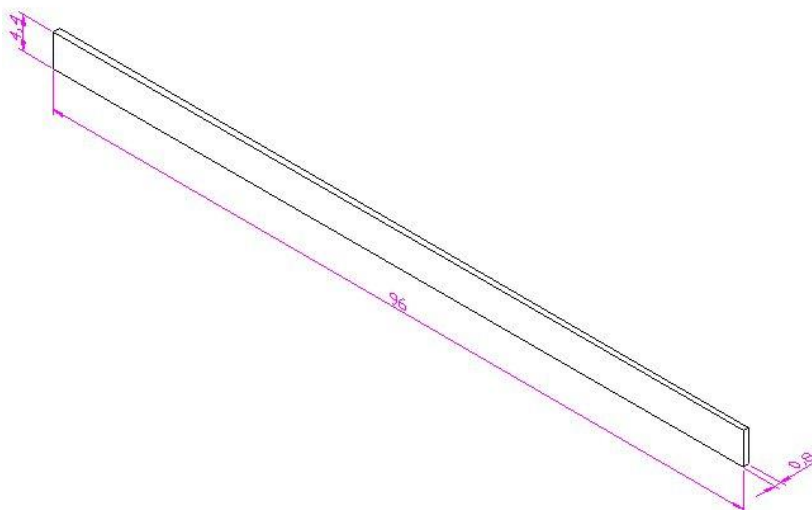


Figura 6. Duela Roble Americano utilizada en el ensayo

A los 37 días de contacto del vino con las duelas, y teniendo en cuenta el análisis sensorial de los vinos, se decidió trasegar el vino a otros depósitos y extraer las duelas. En ese momento se tomaron varias muestras para realizar los análisis.

La Figura 7 muestra un esquema del proceso de vinificación y de los ensayos.

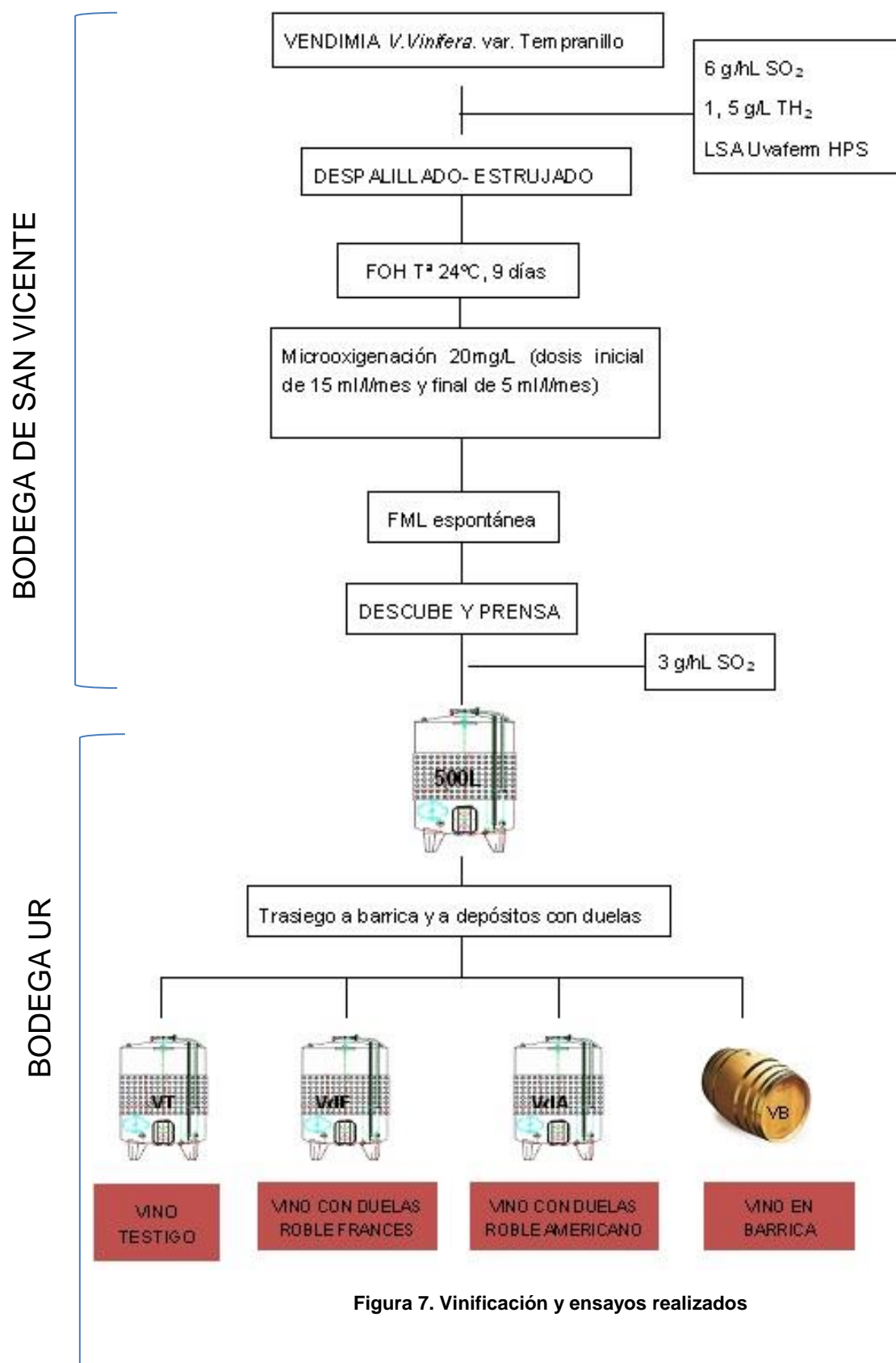


Figura 7. Vinificación y ensayos realizados

2.1.2. Toma de muestras y nomenclatura

La primera toma de muestras se realizó el día 31 de enero del 2017, donde se analizó el vino recién traído de bodega Sonsierra, S. Coop (VT₀).

La segunda toma de muestras se realizó el día 9 de marzo del 2017, cuando se trasegaron los vinos de los distintos ensayos para eliminar las duelas.

Los vinos obtenidos de los distintos ensayos después de la eliminación de las duelas tienen la siguiente nomenclatura:

- Vino testigo sin duelas (VT).
- Vino después del tratamiento con duelas de roble francés tostado medio (VdF).
- Vino después del tratamiento con duelas de roble americano tostado medio (VdA).
- Vino después de la crianza en barrica (VB).

2.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

2.2.1. Parámetros enológicos generales

En todas las muestras de vino se realizaron análisis de grado alcohólico, pH, acidez total, acidez volátil, sulfuroso libre y total. Todos estos análisis se realizaron siguiendo los métodos oficiales de la OIV (1990).

2.2.2. Parámetros de color e IPTs

En todas las muestras de vino se determinaron:

- Índice de Polifenoles Totales (IPT) mediante medida espectrofotométrica de la absorbancia a 280nm.
- Intensidad Colorante (IC) por absorbancia en las longitudes de onda 420nm, 520nm, 620nm. Con estas medidas se determinaron:
 - $IC = A_{420} + A_{520} + A_{620}$, donde los valores más altos corresponden con vinos de intensidad colorante mayor.
 - Tonalidad: A_{420} / A_{520} , donde los valores altos (>0,8) corresponden a vinos más envejecidos y los valores bajos corresponden a colores rojos, púrpuras de los vinos jóvenes.
- Método Boulton para determinar el color total y el color estable frente a la adicción de bisulfito. se determinaron por el método propuesto Levengood y Boulton (2004).
- Parámetros Cielab por el método propuesto por Ayala y col. (1997).

Todas las medidas de IPTs y color se realizaron por triplicado.

2.2.3. Polifenoles monómeros y proantocianidinas

– Compuestos fenólicos monómeros

La identificación y cuantificación de antocianos, ácidos hidroxicinámicos, ácidos hidroxibenzoicos, flavonoles y flavan-3-oles se realizó por cromatografía líquida de alta resolución con detector de fila de diodos (HPLC-DAD). Las muestras de vino se filtraron por filtros de disco de PTFE de 0,45 micras de tamaño de poro y se inyectaron directamente en un cromatógrafo líquido modular 1100 Agilent (Agilent Technologies, Waldbronn, Alemania) controlado por el software Agilent Chemstation, equipado con una bomba cuaternaria G1311A, un desgasificador G1379A, un horno de columna G1316A, un inyector automático G1313A y un detector G1315B. La separación se llevó a cabo en una columna ACE (5 C18-HL) de tamaño de partícula de 5 µm (250 mm x 4,6 mm) según la metodología propuesta por Gómez-Alonso y col. (2007). Este método permitió la separación y cuantificación del ácido gálico, catequina, 9 ácidos hidroxicinámicos, 12 flavonoles, 15 antocianos y 3 estilbenos. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

– Proantocianidinas

Las muestras de vino se fraccionaron previamente por cromatografía de permeación en gel a baja presión (GPC) en una columna Toyopearl HP-50F como describe Guadalupe y col (2006) y empleando el equipo de cromatografía semi-preparativa Gilson GX-271. Este equipo estaba compuesto por un sistema de bombeo (331/332 Gilson), un inyector automático (402 Gilson), un detector DAD (modelo 172) y un colector de fracciones (GX-271). El software empleado para manejar el equipo fue TRILUTION LC (versión 3.0 Service Pack 4. 4.0.11.1). Una primera fracción (F1) se eluyó con una mezcla de etanol/agua/ácido trifluoroacético (55/45/0,05, v/v/v) y la segunda fracción (F2) se obtuvo con una mezcla acetona/agua (60/40, v/v). La fracción rica en taninos (F2) se hidrolizó en presencia de floroglucinol y se analizaron las rupturas (o aductos de floroglucinol) por HPLC-DAD usando una columna ACE (5 C18-HL) de tamaño de partícula de 5µm (250 mm x 4,6 mm) y el resto de condiciones descritas en el método Kennedy y Jones (2001). El equipo de cromatografía utilizado fue el mismo que el usado para el análisis de los compuestos fenólicos monómeros. Este método permitió identificar y cuantificar los flavan-3-oles catequina, epicatequina, epicatequina-3-O-galato y epigallocatequina y sus respectivos aductos con floroglucinol, así como calcular el grado medio de polimerización (mDP) de las proantocianidinas. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

2.3. ANÁLISIS SENSORIAL

Las muestras de los diferentes vinos al final del ensayo se analizaron también sensorialmente.

El análisis sensorial se realizó en la Sala de Catas de la Universidad de La Rioja. Dicha sala cumple los estándares que indica la norma ISO 8589 (1998). El panel de cata estuvo constituido por 12 alumnos de la asignatura Ampliación de Análisis Sensorial del 4º curso del Grado de Enología, considerados por tanto con experiencia en el análisis sensorial.

Se realizaron dos tipos de catas, una descriptiva y otra triangular.

2.3.1. Cata descriptiva

El análisis descriptivo se realizó en dos sesiones. En una primera sesión los catadores describieron los atributos del vino con sus propias palabras. Los términos descriptivos y sus definiciones se debatieron entre los catadores y, posteriormente se compiló un vocabulario de consenso común. Todos los términos generados eran términos habituales para definir vinos tintos. En la segunda sesión se realizó la fase de evaluación sensorial propiamente dicha.

A cada catador se le dio una ficha de cata con los descriptores consensuados por los catadores en la sesión anterior. Todos los vinos se evaluaron en tres fases, la fase visual, en la que se observan los parámetros de intensidad, tonalidad, limpidez y brillo del vino; la fase aromática, en la cual se analizan los diferentes descriptores aromáticos que tiene el vino; y por último la fase gustativa, en la que se estudiaron la intensidad de los diferentes atributos y se analizó su retronasal.

Se evaluaron las fases visual, olfativa y gustativa mediante una escala de 0 a 5, en la cual 0 equivalía a ausencia de percepción y 5 a la máxima percepción. Además, se realizó una cata hedónica en la que se pidió que ordenaran los vinos según su preferencia.

Los vinos se presentaron a 18 °C en catavinos codificados de acuerdo a la norma ISO 3591 (1977).

La ficha de cata que recoge todos los atributos evaluados por los catadores se presenta en la Figura 8.

		VALORACIÓN					
DESCRIPTOR	DEFINICION	0	1	2	3	4	5
VISUAL							
Intensidad de color	Cantidad de color y pigmentación						
Tonalidad	De anaranjado a violeta						
Limpidez	De turbio a cristalino						
Brillo	Vivacidad de color						
FASE OLFATIVA							
Intensidad aromática	Intensidad aromática a copa parada						
Herbáceos	Vegetal, esparrago, musgo						
Floral	flores aromáticas						
Frutas fresca	Fresa, Ciruela, frambuesa, gominola						
Fruta madura	Fruta negra, mora, mermelada, compota						
Lácteos	Yogurt, queso fresco, leche						
Frutos Secos	Avellana, almendras, piñón						
Vainilla	Canela, coco						
Especias	Clavo, pimienta, cedro, tabaco						
Madera	Roble, tostados, ahumados, café						
Reducción	Cerrado, presencia de sulfuros						
Oxidación	Manzana, acetaldehído, brandy						
FASE GUSTATIVA							
Ácido	De acidez positiva a acidez en exceso						
Amargo	Sensación final amarga de los taninos						
Dulce	Ataque dulce en boca						
Volumen en boca	Graso, glicérico, redondo						
Astringente	Sensación de rugosidad, sequedad						
Tanicidad	0: taninos verdes, 5: taninos redondos						
Equilibrio	Armonía, entre el dulce, ácido, amargo y astringencia						
RETRONASAL							
Afrutado	Afrutado de cualquier tipo, frutas						
Madera/Tostados	Roble, tostados, crianza en barrica						
Persistencia	Duración en el tiempo de la percepción retronasal						
Valoración global							

Figura 8. Ficha de cata utilizada

2.3.2. Cata triangular

Además de la cata descriptiva se realizó una cata triangular. El objetivo principal de esta cata era evaluar si existían diferencias sensoriales entre el vino A, que corresponde con el vino procedente del tratamiento con duelas de roble americano, y el vino B, que corresponde al procedente del tratamiento con duelas de roble francés mediante la técnica de juicio forzado.

En esta sesión se prepararon seis puestos de acuerdo a las 6 posibilidades: ABB, AAB, ABA, BAA, BBA, BAB. En cada puesto se presentaron tres muestras de dos vinos diferentes, de las cuales dos de ellas eran iguales y una era diferente. Cada catador pasó por cada uno de los puestos apuntado en una hoja el número correspondiente a la copa que contenía la muestra diferente.

La hipótesis nula H_0 es que no es posible distinguir entre los productos. En este caso, la probabilidad P de identificar la muestra que es distinta de las otras dos es igual a $P_0 = 1/3$.

- La prueba es unilateral, el supervisor quiere saber si hay diferencias entre las muestras y rechazará la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa $P > 1/3$.
- Si el nº de respuestas correctas es mayor o igual a la cifra correspondiente en la columna 3 de la figura 9, quiere decir que la proporción de respuestas correctas es significativamente superior a $P_0 = 1/3$ a un nivel de significación del 5 %.

En la prueba de diferenciación por cata triangular, como disponíamos de 12 catadores, y tenemos 6 puestos hacemos un total de 96 puestos. Según la tabla de niveles de significación de la prueba triangular (Figura 9) son necesarios 41 aciertos para α de 0,05, 44 aciertos para α de 0,01 y 48 aciertos para α de 0,001.

Niveles de significación de la prueba triangular											
Número de respuestas	Número mínimo de respuestas necesarias para alcanzar un nivel de significación de			Número de respuestas	Número mínimo de respuestas necesarias para alcanzar un nivel de significación de			Número de respuestas	Número mínimo de respuestas necesarias para alcanzar un nivel de significación de		
	5%	1%	0,1%		5%	1%	0,1%		5%	1%	0,1%
5	4	5	—	37	18	20	22	69	31	33	36
6	5	6	—	38	19	21	23	70	31	34	37
7	5	6	7	39	19	21	23	71	31	34	37
8	6	7	8	40	19	21	24	72	32	34	38
9	6	7	8	41	20	22	24	73	32	35	38
10	7	8	9	42	20	22	25	74	32	35	39
11	7	8	10	43	20	23	25	75	33	36	39
12	8	9	10	44	21	23	26	76	33	36	39
13	8	9	11	45	21	24	26	77	34	36	40
14	9	10	11	46	22	24	27	78	34	37	40
15	9	10	12	47	22	24	27	79	34	37	41
16	9	11	12	48	22	25	27	80	35	38	41
17	10	11	13	49	23	25	28	81	35	38	41
18	10	12	13	50	23	26	28	82	35	38	42
19	11	12	14	51	24	26	29	83	36	39	42
20	11	13	14	52	24	26	29	84	36	39	43
21	12	13	15	53	24	27	30	85	37	40	43
22	12	14	15	54	25	27	30	86	37	40	44
23	12	14	16	55	25	28	30	87	37	40	44
24	13	15	16	56	26	28	31	88	38	41	44
25	13	15	17	57	26	28	31	89	38	41	45
26	14	15	17	58	26	29	32	90	38	42	45
27	14	16	18	59	27	29	32	91	39	42	46
28	15	16	18	60	27	30	33	92	39	42	46
29	15	17	19	61	27	30	33	93	40	43	46
30	15	17	19	62	28	30	33	94	40	43	47
31	16	18	20	63	28	31	34	95	40	44	47
32	16	18	20	64	29	31	34	96	41	44	48
33	17	18	21	65	29	32	35	97	41	44	48
34	17	19	21	66	29	32	35	98	41	45	48
35	17	19	22	67	30	33	36	99	42	45	49
36	18	20	22	68	30	33	36	100	42	46	49

NOTAS

- Los valores dados en la tabla han sido calculados a partir de la fórmula exacta de la distribución binomial de parámetro $p = 1/3$ con n respuestas.
- Cuando el número de respuestas es superior a 100 ($n > 100$) es necesario utilizar la fórmula siguiente, basada en la aproximación de la distribución binomial a la normal y que proporciona el número real de juicios a obtener con un error como máximo de 1 unidad.
El número mínimo de respuestas (X) es el valor entero más próximo a:
$$X = 0,4174z \cdot \sqrt{n} + \frac{(2n+3)}{6}$$
 donde
 $z = 1,64$, para $\alpha < 0,05$
 $z = 2,33$, para $\alpha < 0,01$
 $z = 3,10$, para $\alpha < 0,001$

Figura 9. Niveles de significación de la prueba triangular

2.4. ESTADISTICA

Todo el conjunto de datos obtenidos se trataron adecuadamente mediante las técnicas matemáticas más convenientes para poder establecer diferencias entre ellos. Además de la estadística descriptiva, se aplicaron análisis de la varianza. Las diferencias significativas encontradas se expresaron con un nivel de confianza superior al 95%.

Los análisis estadísticos se realizaron con SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

Se aplicaron también técnicas quimiométricas de Análisis de Compuestos Principales (APC) (Principal Components Analyses, PCA) de las fases aromática, gustativa y retronasal evaluadas mediante la cata, para investigar las correlaciones entre los vinos y los descriptores sensoriales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. PARÁMETROS ENOLÓGICOS GENERALES

La tabla 1 muestra los parámetros enológicos generales del vino base utilizado en el ensayo (VT_0).

Tabla 1. Parámetros enológicos generales vino base

A.V ¹	0,41
A.T ¹	5,25
G. ALCOHÓLICO (%VOL) ¹	13,83
PH	3,61
SO ₂ LIBRE ¹	31,00
SO ₂ TOTAL ¹	68,43
IPT ²	78,74 ± 1,73
IC ²	19,5± 1,42
Tonalidad	0,537± 0,05

¹Acidez volátil: expresada en g/L ácido acético; Acidez total: expresada en g/L; Grado alcohólico probable, expresado en % vol Sulfuroso total: expresado en mg/L; Sulfuroso Libre: expresado en mg/L; ² IPT: Índice de polifenoles totales; IC: Índice de color.

Los valores de grado alcohólico, pH y acidez total se encuentran dentro del rango normal de vinos de Tempranillo de la zona. La acidez volátil fue baja, por lo que no existe riesgo microbiológico. Tanto los valores de IC como IPTs fueron altos, indicando que se trata de un vino con alta capa de color y contenido polifenólico, y por lo tanto, apto para la crianza.

2. PARÁMETROS DE COLOR E IPTs

La tabla 2 muestra los parámetros de color e IPTs correspondientes a todos los vinos al final de los tratamientos.

En la tabla 2 se observa que no existen diferencias significativas ni en el contenido de IPTs ni en la tonalidad entre los distintos vinos objeto de estudio. Sin embargo, la intensidad colorante sí mostró diferencias significativas. Los vinos de los tratamientos con duelas (VdF y VdA) mostraron un valor significativamente mayor de IC que el vino testigo o el vino criado en barrica. Estos resultados están en concordancia con lo observado por Del Álamo y col. (2004). No obstante, la diferencia en el valor de IC fue moderada ya que el valor de IC en los vinos con duelas solo fue un 5% mayor que en

el testigo y un 9% mayor que en la barrica.

Tabla 2. Parámetros de color e IPTs final de tratamiento

		VT ¹	VdF ¹	VdA ¹	VB ¹
IPT ²		76,89 ± 1,30 a	79,55 ± 1,37 a	78,96 ± 0,47 a	76,59± 1,82 a
IC ²		19,97±0,025 b	20,86±0,015 c	20,95±0,045 c	19,21 ± 0,078 a
Tonalidad		0,55±0,021 a	0,57±0,015 a	0,57±0,015 a	0,53± 0,011 a
Boulton	Color total del vino a 520 nm	9,45 ± 0,11 a	9,78 ± 0,02 b	9,79 ± 0,01 b	10,05 ± 0,03 c
	Color debido a los antocianos monómeros	7,22 ± 0,04 a	7,46 ± 0,08 b	7,45 ± 0,10 b	7,68 ± 0,05 c
	Color estable	2,23 ± 0,03 a	2,32 ± 0,07 a	2,34 ± 0,02 a	2,37 ± 0,01 a
Cielab ²	L*	54,444 ± 1,60 b	53,557± 1,88 ab	50,646± 1,70 a	53,639± 0,19 ab
	a*	50,470± 0,20 a	50,676± 1,43 a	48,176± 1,40 a	51,154± 1,70 a
	b*	0,836± 0,01 a	1,452± 0,07 c	1,837± 0,04 d	1,165± 0,05 b
	C*	50,477± 0,20 a	50,696± 0,70 a	48,211± 0,80 a	51,167± 0,12 a
	h*	0,949± 0,02 a	1,641± 0,19 ab	2,184± 0,34 b	1,305± 0,74 ab

¹ VT: Vino Testigo; VdF: Vino con duelas de roble francés; VdA: Vino con duelas de roble americano; VB: Vino en barrica. ² IPT: Índice de polifenoles totales; IC: Índice de color; L*: luminosidad; a*: rojo/verde; b*: amarillo/azul; C*: saturación; h*: tono.

Los valores son medias ± S.D. (n = 3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p < 0.05).

Con respecto al color estable de los vinos, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes vinos estudiados. Sin embargo, en el color total y en el color debido a los antocianos monómeros, se observaron diferencias significativas. Por un lado, en el color total, los vinos de los tratamientos con duelas (VdF y VdA) mostraron valores 3,5% superiores que en el vino testigo (VT) y 2,6% inferiores que en el vino envejecido en barrica (VB). Por otro lado, el color debido a los antocianos monómeros los vinos VdF y VdA mostraron valores 3% superiores al vino testigo (VT) y 3% inferiores en el vino criado en barrica (VB).

En cuanto a los parámetros Cielab, la luminosidad de los vinos tratados (VdF, VdA y VB) mostraron diferencias significativas con el vino testigo (VT). Los resultados observados de los vinos tratados (VdF, VdA y VB) tuvieron valores inferiores (1,6%, 7% y 1,4%) en comparación con el testigo (VT). Todos los vinos tuvieron valores de L* próximos a 50 y por ello podemos afirmar que tenían unos valores medios entre los tonos blancos (L* = 100) y los tonos negros (L* = 0). Partiendo de los valores inferiores de luminosidad (L*) en los vinos tratados comparándolos con el testigo, podemos comentar, como ya estudiaron Casassa y Sari (2006), que existe una correlación entre el parámetro L* y el índice de color (IC), ya que valores superiores IC dan lugar a un color más oscuro del mismo, es decir unos valores de L* inferiores.

La coordenada b* (amarillo/azul) fue positiva, con valores próximos a 0-1, por lo que podemos decir que hubo un leve predominio de las tonalidades amarillas por encima

de las azules, siendo habitual estos parámetros en vinos envejecidos, ya que al avanzar el tiempo de envejecimiento tienden a tonos más amarillentos. (Arlegui, 2014). Además Pérez-Prieto y col. (2003) atribuyeron el aumento de los tonos amarillos a la extracción de compuestos coloreados de la madera a lo largo de la crianza.

En este caso la coordenada a^* (rojo/verde) siguió la misma tendencia que la b^* pero no se encontraron diferencias significativas entre los vinos objeto de estudio, como ocurre en la saturación (C^*).

Por último, la tonalidad (H^*) es medida como un ángulo entre 0° y 360° . Los vinos tuvieron valores de H^* más próximos a 0° , y entre los diferentes tratamientos se observaron diferencias significativas, aunque las diferencias en tonalidad entre los vinos fueron pequeñas. Estos resultados están en concordancia con lo estudiado por Casassa y Sari (2006).

3. COMPUESTOS FENÓLICOS MONÓMEROS

La tabla 3 muestra la concentración de antocianos (mg/L) correspondientes a todos los vinos al final de los tratamientos. Los antocianos supusieron un 50%, un 47% y un 49% del total de los polifenoles, respectivamente, para el vino testigo (VT), el vino con duelas de roble francés (VdF), el vino con duelas de roble americano (VdA), y el vino envejecido en barrica (VB).

Los antocianos monómeros están divididos en tres grupos, los glucosilados, que representaron un 86% de los antocianos totales, los acetilados, que representaron el 6%, y los cumarilados, que fueron el 9% del total. Como se esperaba, la malvidina-3-glucósido fue la antocianina mayoritaria y supuso más del 50% de los antocianos totales. Estas concentraciones son las características de las bayas de la variedad tempranillo según indica el estudio que realizó Valls y col. (2000), manteniéndose esta proporción en los vino.

Estudiando cada grupo por separado encontramos que, en los antocianos glucosilados no se encontraron diferencias significativas entre los vinos VdA y VB, pero sí que se encontraron diferencias entre estos vinos y VT y VdF. En los acetilados, sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre VdF y VB, pero si entre éstos y VT y VdA. Por último, los antocianos cumalidados mostraron diferencias significativas entre todos los vinos.

Con respecto al contenido de antocianos totales, destacar que no se encontraron diferencias significativas entre VdA y VB. Esto es debido a que ambos vinos están tratados con madera de roble americano de tostado medio. Ambos vinos tuvieron un contenido de antocianos 6% menos que el testigo. El vino con duelas de roble francés (VdF) presentó el valor más bajo de antocianos totales, siendo un 8% inferior al vino testigo. Un estudio que realizado por Del Álamo y col, (2004) afirmó que el envejecimiento de vinos con madera implica la degradación de los antocianos por oxidación y/o precipitación; y es la madera la que permite la formación de puentes de

etilo entre antocianos y proantocianidinas.

Tabla 3. Concentración de antocianos (mg/l) al final del tratamiento

	VT¹	VdF¹	VdA¹	VB¹
Delfinidina3G	29,037 ±0,063 c	26,181 ±0,053 a	26,792 ±0,005 b	26,851 ±0,033 b
Cianidina3G	1,804±0,013 a	1,692±0,010 a	1,997±0,018 b	1,966±0,032 b
Petunidina3G	27,041 ±0,258 c	24,415 ±0,155 a	25,080 ±0,101 b	25,066 ±0,102 b
Peonidina3G	8,044±0,051 b	7,287±0,054 a	7,405 ±0,006 a	7,461±0,033 a
Malvidina3G	104,783 ±0,108 c	96,459 ±0,050 a	98,371 ±0,015 b	98,224 ±0,083 b
Glicosilados	170,709 ±0,376 c	156,033 ±0,302 a	159,646 ±0,121 b	159,569 ±0,135 b
Delfinidina ac	1,613 ±0,010 b	1,418 ±0,015 a	1,586 ±0,010 b	1,777±0,005 c
Cianidina ac	2,622 ±0,012 c	1,631 ±0,013 a	1,898 ±0,001 b	1,512±0,010 a
Petunidina ac	1,788 ±0,015 d	1,278 ±0,001 b	1,303 ±0,001 c	1,159±0,006 a
Peonidina ac	0,745 ±0,004 a	4,802 ±0,011 c	4,818 ±0,011 c	4,636±0,015 d
Malvidina ac	4,424 ±0,016 c	0,831 ±0,006 a	0,900 ±0,01 b	0,842±0,005 a
Acetilados	11,191 ±0,024 c	9,961 ±0,023 a	10,504 ±0,019 b	9,927 ±0,020 a
Delfinidina cum	2,903 ±0,012 b	2,785 ±0,010 a	2,895 ±0,003 b	2,891±0,010 b
Cianinidina cum	0,794 ±0,003 a	0,849 ±0,006 b	0,809 ±0,003 a	0,842±0,010 b
Petunidina cum	2,744 ±0,040 b	2,682 ±0,015 a	2,712 ±0,010 ab	2,811±0,010 c
Peonidina cum	2,086 ±0,010 c	1,776 ±0,002 b	1,714 ±0,011 a	1,745±0,013 ab
Malvidina cum	9,036 ±0,061 c	8,259 ±0,027 a	8,669 ±0,035 b	8,676±0,005 b
Cumarilados	17,562 ±0,102 d	16,351 ±0,025 a	16,799±0,035 b	16,964 ±0,010 c
ANTOCIANOS TOTALES	198,462 ±0,476 c	182,345 ±0,289 a	186,949 ±0,136 b	186,461±0,142 b

¹ VT: Vino Testigo; VdF: Vino con duelas de roble francés; VdA: Vino con duelas de roble americano; VB: Vino en barrica expresado todo en mg/L. Los valores son medias ± S.D. (n = 3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p < 0.05).

La tabla 4 muestra la concentración de flavonoles (mg/L) correspondientes a todos los vinos al final de los tratamientos. Los flavonoles supusieron un 23%, un 22% y un 22% del total de polifenoles, respectivamente para el vino testigo (VT), el vino con duelas tanto francés (VdF) y americano (VdA,) y el vino envejecido en barrica (VB).

Como pasaba con los antocianos totales, no se encontraron diferencias significativas entre VdA y VB, pero sí entre estos vinos y VT y VdF.

Los vinos VdF, VdA y VB tuvieron valores significativamente menores (entre 2% y 4%) que el vino testigo (VT). Esto fue producido por las reacciones de condensación y polimerización de los flavonoles con formas no oxidadas de antocianidinas y con otros fenoles liberados por la madera, contribuyendo así a la estabilización del color del vino (Gómez-Cordovés y col. 1995).

Tabla 4. Concentración de flavonoles (mg/l) al final del tratamiento

	VT¹	VdF¹	VdA¹	VB¹
Miricetina-3-glucosido+ miricetina-3-glucuronido	27,849±0,005 a	28,196±0,234 b	28,022±0,005 c	28,022±0,006 ab
Hiperósido	2,504±0,005 a	2,941±0,027 c	2,722±0,005 b	2,722±0,005 b
Quercetina3G + Quercetina3Glucuronico	23,514±0,010 b	22,535±0,022 a	23,025±0,021 c	23,025±0,006 d
Miricetina	18,759±0,005 d	16,245±0,028 a	17,502±0,010 b	17,502±0,005 c
Quercetina	12,026±0,02 d	11,330±0,010 b	11,678±0,005 a	11,678±0,005 c
Kaempferol	2,304±0,005 c	2,085±0,009 b	2,194±0,010 a	2,194±0,008 b
Isortamnetina	0,636±0,005 c	0,556±0,005 a	0,596±0,005 b	0,596±0,005 c
FLAVONOLES TOTALES	87,591±0,018 c	83,889±0,301 a	85,740±0,042 bc	85,740±0,009 b

¹ VT: Vino Testigo; VdF: Vino con duelas de roble francés; VdA: Vino con duelas de roble americano; VB: Vino en barrica expresado todo en mg/L.

Los valores son medias ± S.D. (n = 3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p < 0.05).

La tabla 5 muestra la concentración de ácidos hidroxicinámicos (mg/L) correspondientes a todos los vinos al final de los tratamientos.

Los ácidos supusieron un 27%, un 31% y un 30%, del total de polifenoles, respectivamente para el vino testigo (VT), el vino con duelas tanto francés (VdF) y americano (VdA), y el vino envejecido en barrica (VB). Como pasaba con los antocianos totales y los flavonoles, no se encontraron diferencias significativas entre VdA y VB, pero sí entre estos vinos y VT y VdF.

Tabla 5. Concentración de ácidos hidroxicinámicos (mg/l) al final del tratamiento

	VT¹	VdF¹	VdA¹	VB¹
Cis-caftárico	5,369±0,010 c	5,497±0,002 d	4,843±0,027 a	5,236±0,005 b
GRP	0,000	0,000	0,000	0,000
Trans-caftaric	44,537±0,045 a	44,912±0,010 b	44,874±0,011 b	44,775±0,015 a
Cis-cutárico	6,505±0,028 b	6,381±0,006 a	6,856±0,027 c	6,581±0,004 b
Trans-cutárico	27,905±0,005 a	39,221±0,020 d	38,140±0,031 b	35,088±0,015 c
Ácido cafeico	1,904±0,003 a	4,124±0,025 c	2,780±0,006 b	2,936±0,002 b
Trans-fertarico	4,071±0,015 a	5,110±0,010 d	4,333±0,025 b	4,505±0,010 c
Ácido cumárico	8,938±0,026 b	8,818±0,015 a	9,811±0,010 d	9,189±0,050 c
Trans-resveratrol-glucósido	4,121±0,012 a	4,162±0,006 a	4,263±0,010 b	4,182±0,013 c
Trans-resveratrol	2,159±0,006 c	1,657±0,005 a	1,829±0,001 b	1,882±0,020 b
TOTAL ÁCIDOS	105,509±0,143 a	119,881±0,094 c	117,728±0,07 b	114,373±0,114 b

¹ VT: Vino Testigo; VdF: Vino con duelas de roble francés; VdA: Vino con duelas de roble americano; VB: Vino en barrica expresado todo en mg/L.

Los valores son medias ± S.D. (n = 3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p < 0.05).

Comparando los resultados de los tratamientos de los vinos estudiados (VdF, VdA y VB) con el testigo (VT), y debido a una cesión de ácidos por la madera, se obtuvieron unos valores significativamente mayores (entre el 8% y el 13%) en los vinos VdF, VdA y VB que en el vino testigo (VT).

4. PROANTOCIANIDINAS O TANINOS

La tabla 6 muestra la concentración de taninos totales (mg/L) y grado medio de polimerización (GMP) correspondientes a todos los vinos al final de los tratamientos.

Después de 37 días de tratamiento, se observó que los valores de los taninos totales en los vinos de los diferentes tratamientos (VdF, VdA y VB) fueron superiores que en el vino testigo (VT). Esto es debido a que la madera, tanto de las duelas como la de la barrica cede proantocianidinas al vino.

En un estudio realizado por Arlegui (2014) se observó que en los dos primeros meses de contacto del vino con la madera, se extraen más rápidamente las proantocianidinas de las primeras capas de la madera. Cuando se han extraído casi todas las de estas capas, el vino necesita acceder a capas más profundas que son más difíciles de extraer, y por ello, la extracción será más lenta cuanto más tiempo este el vino en contacto con la madera.

Entre los diferentes tratamientos, destacar que se encontraron diferencias significativas entre los vinos envejecidos con duelas (VdF y VdA), con valores mayores que el testigo (VT) del 26,7% y 29,8% respectivamente. Por el contrario, en el caso del vino envejecido en barrica (VB), no se obtuvieron diferencias significativas con el testigo, porque como ya hemos afirmado anteriormente, el tiempo de envejecimiento que este vino ha estado en contacto con la barrica fue escaso.

Con respecto al grado medio de polimerización de los taninos, se observaron valores significativamente mayores en todos los tratamientos (VdF, VdA y VB) con respecto al vino testigo (VT). Destacan las diferencias significativas entre el vino testigo (VB), los vinos envejecidos con duelas (VdF y VdA) y el vino envejecido en barrica (VB). No obstante, la diferencia entre los valores de grado de polimerización fue elevada ya que estos valores en VdF fue un 21% mayor que VT, en VdA fue un 19,6% mayor que VT y en VB fue un 10,6% mayor que VT. Las muestras que mayor grado medio de polimerización tuvieron se corresponden con las muestras que poseen mayor número de proantocianidinas (VdF y VdA) ya que estos compuestos favorecen las reacciones de polimerización. En el trabajo realizado por Duran (2015) se afirma que el grado de polimerización de taninos se incrementa mediante la aparición de acetaldehído por la oxidación del etanol indirectamente a través de los elagitaninos.

Tabla 6. Concentración de taninos totales y grado medio de polimerización (mg/l) al final del tratamiento

	VT ¹	VdF ¹	VdA ¹	VB ¹
Taninos Totales	1281,20 ± 24,73 a	1622,59 ± 15,26 b	1663,01 ± 14,97 b	1354,87 ± 74,06 a
GMP	7,56 ± 0,22 a	9,17 ± 1,25 c	9,04 ± 0,14 c	8,36 ± 0,50 b

¹ VT: Vino Testigo; VdF: Vino con duelas de roble francés; VdA: Vino con duelas de roble americano; VB: Vino en barrica expresado todo en mg/L.

Los valores son medias ± S.D. (n = 3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p < 0.05).

5. ANÁLISIS SENSORIAL

5.1. CATA DESCRIPTIVA

5.1.1. Fase visual

En las Figuras 9, 10 y 11 se representan los resultados obtenidos en el análisis sensorial de los vinos al final del tratamiento.

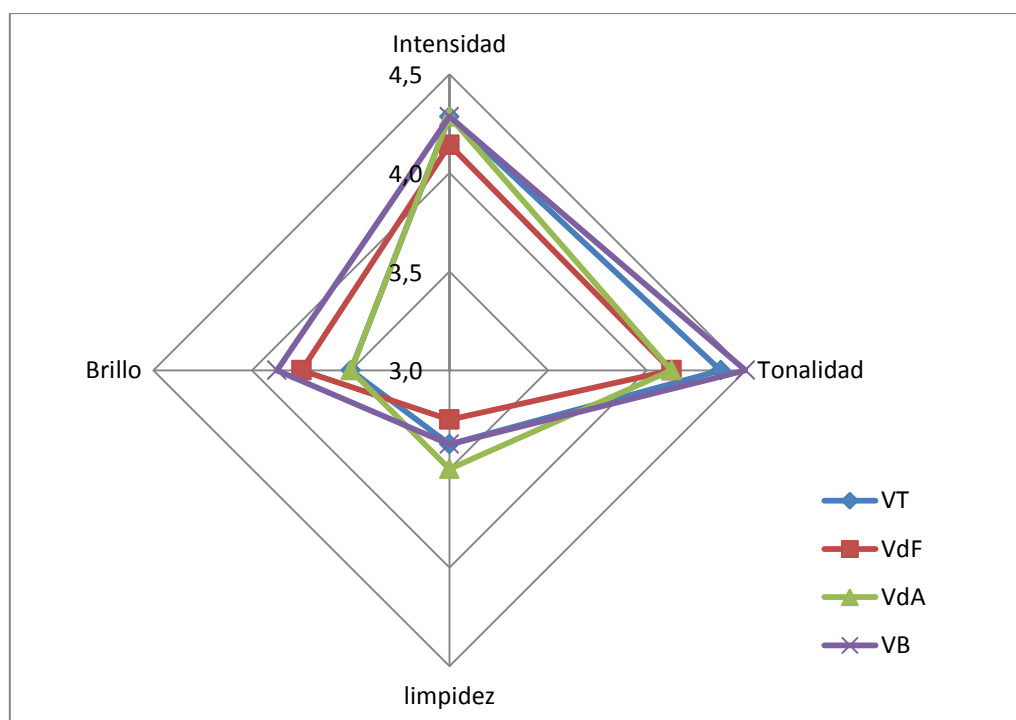


Figura 9. Fase visual

VT: Vino Testigo; VdF: Vino con duelas de roble francés; VdA: Vino con duelas de roble americano; VB: Vino en barrica

Las diferencias observadas en la intensidad de color entre los distintos vinos fueron muy sutiles (figura 9). Aunque en el contenido de IC sí que se observaron diferencias significativas entre los vinos, éstas fueron muy pequeñas (ver apartado 3), por lo que

no pudieron ser apreciadas por los catadores.

Señalar que todos los vinos presentaron valores elevados de intensidad y tonalidad, en concordancia con lo observado en los parámetros analíticos. La limpidez fue baja pero normal para un vino que estaba aun sin clarificar y filtrar.

5.1.2. Fase aromática

En la figura 10 se muestran los resultados de la fase aromática.

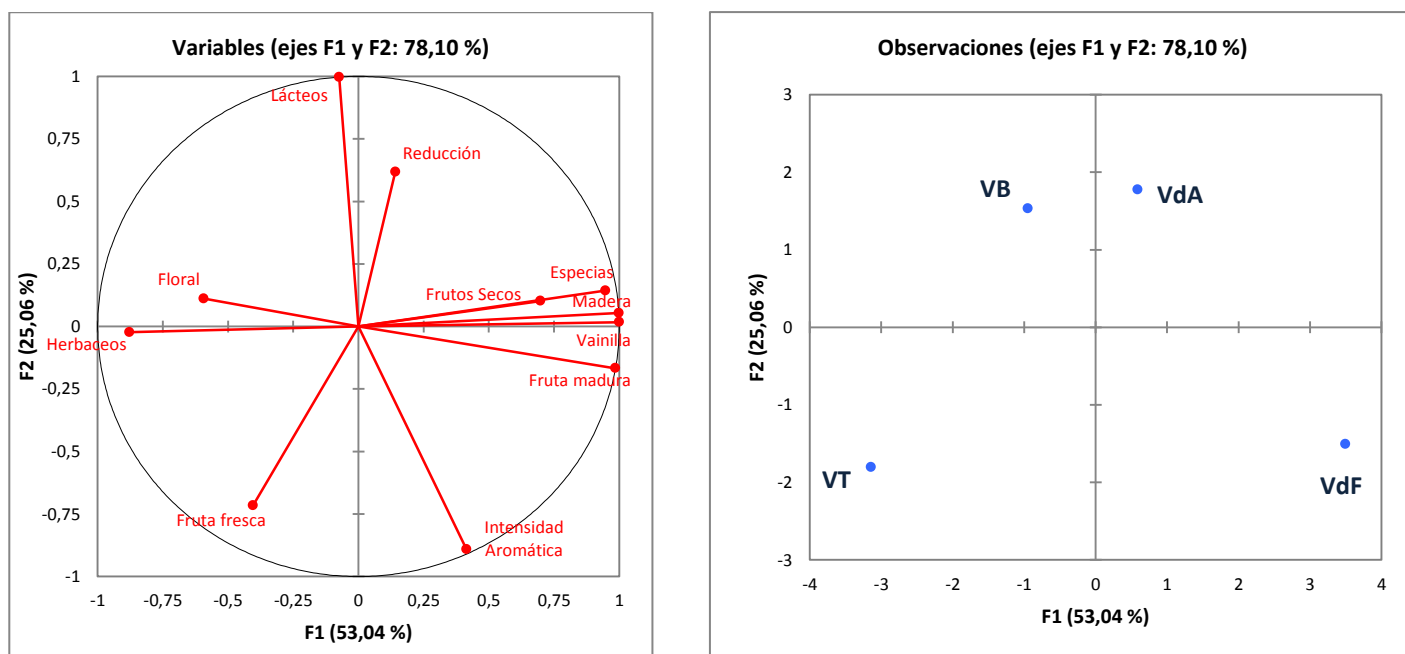


Figura 10. ACP de la fase aromática

VT: Vino Testigo; VdF: Vino con duelas de roble francés; VdA: Vino con duelas de roble americano; VB: Vino en barrica

Se observa que al vino testigo (VT) se le atribuyó un carácter más floral y afrutado, en concreto fruta fresca.

Al vino del tratamiento con duelas de roble francés (VdF) se le asociaron aromas a fruta madura, a madera, vainilla, especias y frutos secos. Este vino destacó por ser el más intenso aromáticamente.

El vino del tratamiento con duelas de roble americano (VdA) y el vino con barrica fueron los más similares armáticamente ya que se situaron muy próximos en el espacio ACP. Ambos se caracterizaron fundamentalmente por los aromas lácteos y por ser los menos intensos aromáticamente y con menos fruta fresca.

5.1.3. Fase gustativa y retronasal

En la figura 11 se muestran los resultados de la fase gustativa y retronasal.

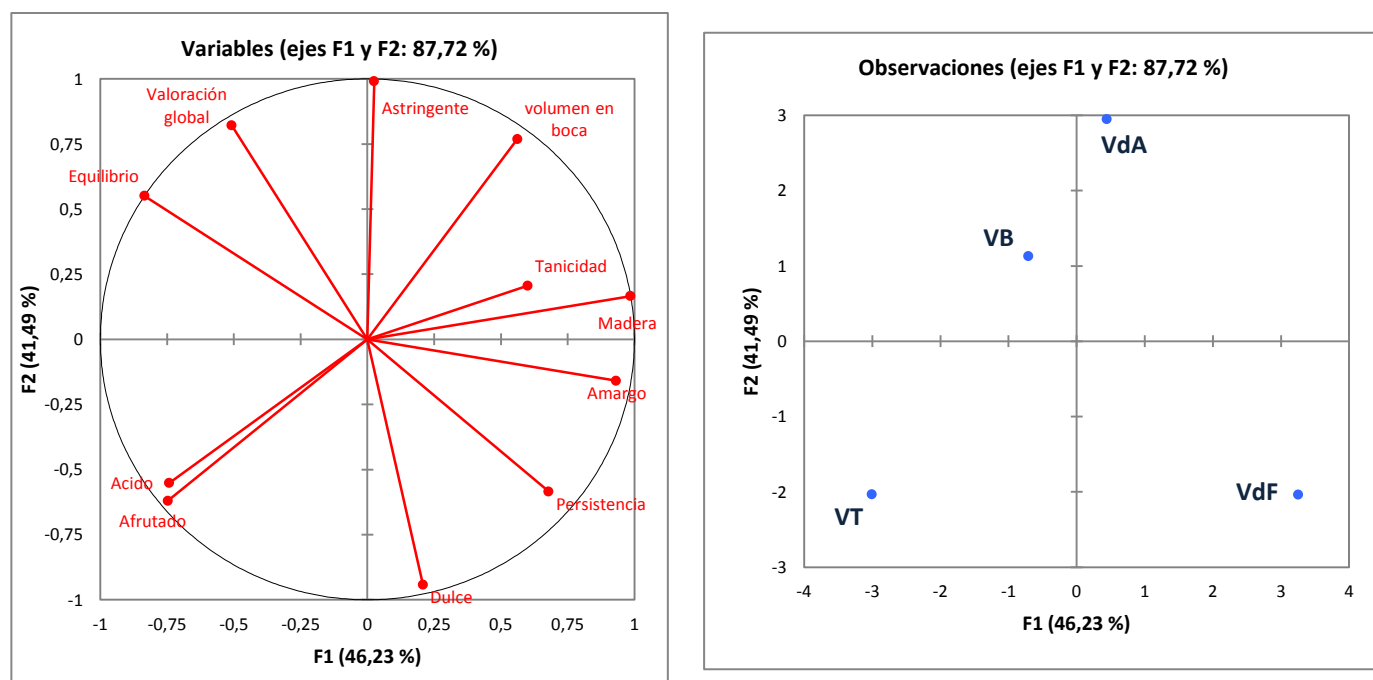


Figura 11. ACP de la fase gustativa y retronasal

VT: Vino Testigo; VdF: Vino con duelas de roble francés; VdA: Vino con duelas de roble americano; VB: Vino en barrica

Se observa de nuevo que el vino de barrica (VB) y el vino del tratamiento con duelas de roble americano (VdA) fueron los más similares también desde el punto de vista gustativo y retronasal, ya que se situaron próximos en el espacio ACP.

El vino testigo (VT) destacó por su carácter afrutado y por su acidez en boca. Sin embargo, obtuvo las puntuaciones más bajas en volumen en boca, astringencia, madera y tanicidad.

El vino con el tratamiento de duelas de roble francés (VdF) fue el vino más persistente en boca, el más dulce, el más amargo, y con más madera y tanicidad. Quizá por eso, fue el vino menos puntuado en la valoración global (ver *apartado 5.2*) y el que menos equilibrio tuvo.

El vino con el tratamiento de duelas de roble americano (VdA) destacó por ser el vino que más volumen en boca tuvo y el más astringente. Sin embargo, fue el menos afrutado.

Por último, el vino envejecido en barrica (VB) se caracterizó por ser el vino más equilibrado en boca y el más armonico y es por ello, el vino que mejor valoración global tuvo (ver *apartado 5.2*).

5.2. CATA HEDÓNICA

En la cata hedónica, los catadores prefirieron el vino envejecido en barrica sobre los demás vinos (figura 10). El vino con duelas de roble francés obtuvo las puntuaciones más bajas.

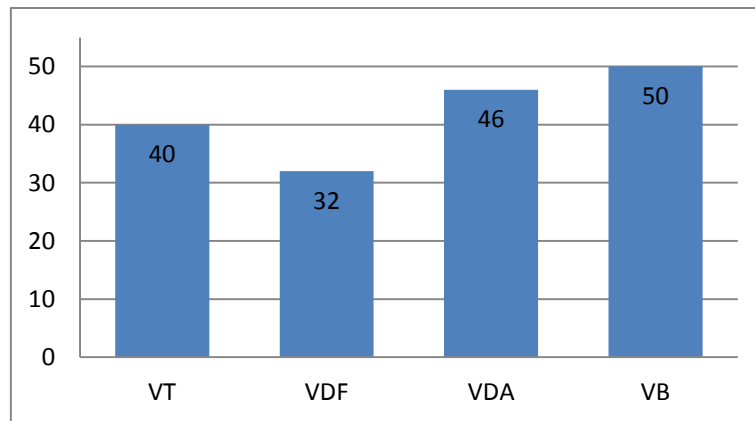


Figura 10. Sumatorio de puntuaciones obtenidas en la cata hedónica

VT: Vino Testigo; **VDF:** Vino con duelas de roble francés; **VDA:** Vino con duelas de roble americano; **VB:** Vino en barrica.

5.3. CATA TRIANGULAR

En la prueba de diferenciación por cata triangular, como disponíamos de 12 participantes y teníamos 6 puestos, hacemos un total de 96 puestos, de los cuales 48 de las respuestas fueron correctas. Como resultado final y según la tabla de niveles de significación de la prueba triangular (Figura 9), se alcanzó el número mínimo de respuestas necesarias para alcanzar un nivel de significación suficiente, ya que para 96 puestos son necesarios 41 aciertos para α de 0,05, 44 aciertos para α de 0,01 y 48 aciertos para α de 0,001 (justo los obtenidos en esta prueba). Con todo ello, podemos afirmar que el vino procedente del tratamiento con duelas de roble americano (VdA) y el vino procedente del tratamiento con duelas de roble francés (VdF) fueron percibidos por los catadores como significativamente distintos en un 0,001% de percepción sensorial.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente Trabajo Fin de Grado han permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- ✓ Los vinos criados con duelas mostraron un valor significativamente mayor de índice de color que el vino testigo o el vino criado en barrica. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ni en contenido de polifenoles totales (IPTs) ni en la tonalidad.
- ✓ El vino criado con duelas de roble americano y el envejecido en barrica presentaron valores muy similares en el contenido de polifenoles totales (IPTs), de antocianos monómeros, de flavonoles y ácidos. El vino envejecido con duelas de roble francés presentó valores significativamente más bajos de antocianos monómeros, de flavonoles y ácidos, es decir, el empleo de duelas de roble francés afectó más a su composición.
- ✓ Los vinos criados en depósito duelas de roble presentaron los valores más altos de proantocianidinas y no se observaron diferencias entre ellos. Tampoco se observaron diferencias en el valor de proantocianidinas entre el testigo y el vino criado en barrica.
- ✓ En el análisis sensorial, aunque el contenido en IC sí que se observaron diferencias significativas entre los vinos, estas fueron muy sutiles, y no fueron apreciadas por los catadores. En la fase aromática y gustativa los vinos del tratamiento con duelas de roble americano y el vino envejecido en barrica fueron los más similares ya que se situaron próximos en el espacio ACP.
- ✓ El uso de duelas de roble americano y francés durante 37 días aportó al vino los matices característicos de un vino envejecido en barrica de roble americano durante un periodo más largo.
- ✓ El vino elaborado con duelas de roble francés destacó por aromas a fruta madura, a madera, vainilla, especias y frutos secos; el vino elaborado con duelas de roble americano se caracterizó por aromas lácticos y con menos fruta fresca. Estas diferencias se apreciaron en la cata triangular.
- ✓ En la cata hedónica, el vino preferido por los catadores fue el vino envejecido en barrica, caracterizado por ser el vino más equilibrado en boca y el más armónico. Por el contrario, el vino con duelas de roble francés obtuvo las puntuaciones más bajas ya que destacó en fase gustativa por ser el vino más amargo y con más madera y tanicidad.

BIBLIOGRAFÍA

- AYALA, F.; ECHÁVARRI, J. F.; NEGUERUELA, A. I. 1997. *A new simplified method for measuring the colour of wines*. I. Red and rosé wines. American Journal of Enology and Viticulture, 48, 357-363.
- ARLEGUI, M. 2014. *Efectos de chips de roble sobre la actividad antioxidante y composición fenólica de un vino tempranillo*. Trabajo de Fin de Master. Universidad Pública de Navarra, Navarra, España.
- CATANIA, C. Y AVAGNINA, S. 2007. *Curso Superior de Degustación de Vinos*. EEA Mendoza. INTA. 2.
- CASASSA, F. Y SARI, S. 2006. *Aplicación del sistema Cie-Lab a los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales*. Revista de Enología, Nº 3.
- CHATONNET, P. 1995. *Influence des procédés de tonnellerie et des conditions d'élevage sur la composition et la qualité des vins élevés en fûts de chêne*. Tesis doctoral. Université de Bordeaux II.
- CHATONNET, P. 2007. *Productos alternativos a la crianza en barrica de los vinos. Influencia de los parámetros de fabricación y de uso*. Revista Enología, Nº 3, 2-24.
- CHEYNIER, V., MOUTOUNET, M., SARNI-MANCHADO, P. 2000. *Los Compuestos fenólicos*. Flancy, C. Enología (Ed.): Fundamentos Científicos y Tecnológicos, Mundiprensa, Madrid. 114-136.
- DAVAUX, F, FAVAREL, J.L. (2011): *Técnica alternativa a la utilización de barricas de roble*. ACE Revista de enología
- DEL ÁLAMO SANZA, M.; DOMÍNGUEZ, I.N.; MERINO, S.G. 2004. *Influence of different aging systems and oak woods on aged wine color and anthocyanin composition*. European Food Research and Technology, Nº 219 (2), 124-132.
- DEL ÁLAMO SANZA, M. 2006. *Sistemas alternativos al envejecimiento en barrica*. ACE: Revista de enología, Nº. 74.
- DEL ALAMO, M., NEVARES, I., GALLEGO, L., MARTIN, C., MERINO, S. 2008. *Aging markers from bottled red wine aged with chips, staves and barrels*. Analytica Chimica Acta, Nº 621, 86-99.
- DURAN, N. 2015. *Estudio de productos alternativos a las barricas para la crianza de los vinos. Efecto sobre la composición polifenólica*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- GÓMEZ-ALONSO, S., GARCÍA-ROMERO, E., HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. 2007. *HPLC analysis of diverse grape and wine phenolics using direct injection and multidetection by DAD and fluorescence*. Journal of Food Composition and Analysis, 20, 618-626.
- GÓMEZ-CORDOVÉS, M.C., GONZÁLEZ-SAN JOSE, M.L., JUNQUERA, B., ESTRELLA, I. 1995. *Correlation between flavonoids and color in red wines*

- aged in wood*. American Journal of Enology and Viticulture, Nº 46, 295-298.
- GUADALUPE, Z.; SOLDEVILLA, A.; SÁENZ-NAVAJAS, M. P.; AYESTARÁN, B. 2006. *Analysis of polymeric phenolics in red wines using different techniques combined with gel permeation chromatography fractionation*. Journal of Chromatography A, 1112, 112-120
 - HIDALGO TOGORES, J. 2003. *Tratado de enología*. Tomo II. Ed. Mundi Prensas. Madrid, 861-944.
 - KENNEDY, J. A.; JONES, G. P. 2001. *Analysis of proanthocyanidin cleavage products following acid-catalysis in the presence of phloroglucinol*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 1740-1746.
 - LEVENGOOD, J., BOULTON, R. 2004. *The variation in the color due to copigmentation in young Cabernet Sauvignon wines*. In Red Wine Color: Exploring the Mysteries; Waterhouse, A.L., Kennedy, J.A., Eds.; Am. Chemical Society, Washington, DC. ACS Symp. Ser. Nº 886, 35-52.
 - MARTÍNEZ, J., OJEDA, S., RUBIO, P. 2006. *Influencia de la aplicación de chips de roble y microoxigenación sobre la composición de un vino tinto. Comparación con la crianza en barrica*. 21ª Reunión de los Grupos de Experimentación en viticultura y Enología, Valladolid, 47-58.
 - MASSON, G. J., PUENCH, MOUTONET, M. 1996. *Composition chimique du bois de chêne de tonnellerie*. The Chemical composition of barrel oak wood. Bulletin de OIV. 69, 785-786
 - MUÑOZ, P. 2006. *Alternativas a la crianza en barrica*. ACE: Revista de enología, Nº. 72.
 - OIV: *Office International de la Vigne et du Vin*. International Analysis Methods of Wines and Musts; OIV: París, Francia, 1990.
 - REGLAMENTO (CE) Nº 2165/2005 de 20 de diciembre de 2005, que modifica el Reglamento (CE) nº 1493/1999 por el que se establece la Organización Común del Mercado Vitivinícola.
 - PEREZ-PRIETO, L.J., DE LA HERA-ORTS, M.L., LÓPEZ-ROCA, J.M., FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J.I. GÓMEZ-PLAZA, E. 2003. *Oak-matured wines: Influence of the characteristics of the barrel on wine color and sensory characteristics*. Journal of the Science of Food and Agriculture. Nº 83, 1445-1450.
 - VALLS, J., LAMPREAVE, M., NADAL, M., AROLA, L. 2000. *Importancia de los compuestos fenólicos en la calidad de los vinos tintos de crianza*. 119-124.
 - ZAMORA, F. 2013. *La química del color del vino*. ACE: Revista de enología, Nº. 140.